

# Proyecto Robótico presentado en CoNNAISI 2018 Mar del Plata

**Introducción:** *El presente artículo expone el trabajo de desarrollo efectuado durante el año 2018 a partir de la propuesta de la UdeMM de llevar a cabo un proyecto de investigación por parte de los alumnos del último año de las carreras de Ingeniería de la Universidad de La Marina Mercante con la tutoría de los docentes. En nuestro caso dicho trabajo se desarrolló como proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas.*

*Como fundamento del proyecto se propuso que a partir de la idea del reciclado de materiales asociada a la de crear un equipamiento que tuviera una finalidad práctica y contener una gran parte de componentes de material hardware de informática en desuso, todo ello nos condujo a la posibilidad de construir un prototipo del tipo físico, de utilidad práctica, a los efectos de ser aplicado a la investigación y desarrollos futuros.*

*Como resultado de la tarea descripta resultó la idea de construir una máquina de soldar robótica a partir de materiales en desuso a partir de equipamiento de informática y materiales*

*sobrantes de obras de reparaciones edilicias de la Universidad.*

*A continuación se transcribe el Paper presentado en el Congreso Nacional de Ingeniería e Informática y Sistemas celebrado en la ciudad de Mar del Plata entre el 21 y 22 de Noviembre de 2018 en la sede de La Universidad CAESE en dicha ciudad.*

**Resumen:** *El presente trabajo se llevó a cabo como Proyecto Final Integrador de los alumnos del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas, en la Universidad de la Marina Mercante. El motivo que dio origen a la idea fue la propuesta de la Universidad, de que los alumnos participaran de proyectos de investigación, utilizando materiales de computación en desuso.*

*La Universidad facilitó lotes de material de computación (impresoras, computadoras), así como rezagos metálicos sobrantes de obras de mejoras en el edificio.*

*El desafío consistió en la construcción de una máquina a partir de dichos materiales, escasos, utilizando Open Source no dependiendo de software con licencias y además superar limitaciones de recursos físicos.*

*Otro aspecto consiste en aportar un diseño capaz de permitir futura expansión, escalabilidad, transformable, adaptable a nuevas tecnologías, hecho fundamental para su utilización en ámbitos de enseñanza aprendizaje.*

*Una máquina que ayuda al hombre y lo aísla de factores de riesgo en un trabajo de naturaleza insalubre, que le permita integrarse a nuevas tecnologías de fabricación y no lo desplace de su fuente de trabajo.*

**Palabras Clave:** *Material en Desuso, Open Source, Robótica, Investigación, Medio ambiente.*

## 1. Introducción

El presente trabajo, surgió en el ámbito del desarrollo del proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la UdeMM, en tanto la Universidad propuso la convocatoria tanto a docentes como a alumnos para la participación y el desarrollo de proyectos de investigación, proponiendo en un primer lugar, la presentación de una temática, (propuesta o idea), la que luego de ser evaluada y aceptada; como una extensión de ello, para los casos que se consideraran viables, se recibe el aporte de

recursos necesarios, para darle impulso y que de esa forma se lograra su concreción. Entre otras posibilidades como la de poder participar en un congreso, inclusive dar difusión de la propuesta en los ámbitos educativos para que se siga desarrollando hacia el futuro, por ejemplo, con la incorporación de nuevas tecnologías de control a distancia. Otro aspecto que se planteó durante el desarrollo fue: la posibilidad de que se reúnan las distintas ingenierías para lograr la necesaria cooperación, colaboración, integración e intercambio en el diseño y construcción del prototipo, hecho fundamental para el desarrollo profesional de los futuros profesionales, en beneficio de todas las carreras.

**1.1. ¿Por qué se pensó en un Robot?**

Porque basándonos en la reutilización de materiales de electrónica en desuso, necesariamente nuestro proyecto tendría importantes atributos físicos o connotaciones de hardware, más la componente de control por software, o sea que si pensamos en computadoras e impresoras en desuso, necesariamente íbamos a concluir en un modelo físico controlado por software.

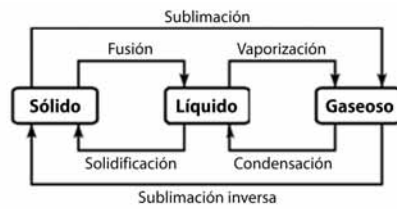
**2. Desarrollo**

La aplicación práctica a la operación de soldadura, deriva, de una idea anterior, de uno de los integrantes del equipo, por experiencias en métodos y procesos de la industria metalúrgica, con la visión de que existe un problema que, si bien se encuentra resuelto en parte, todavía quedan temáticas pendientes, por ejemplo:

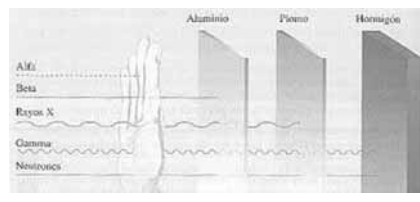
Existen equipos automáticos programables que reemplazan al ser humano excluyéndolo del trabajo, en nuestro caso lo aislamos del foco de riesgo, pero no lo excluimos del trabajo o sea que hablamos de “integración hombre máquina”, la máquina ayuda al hombre no lo debe excluir de la fuente de trabajo.

Se espera de la solución que: el operador incremente su formación técnica incorporando conceptos de programación en un lenguaje simple de comprender y que con fáciles instrucciones pueda controlar el proceso, que la máquina acceda a las tareas de riesgo en lugar del hombre, que el mismo no se encuentre expuesto a radiaciones UV y otras de tipo ionizantes, en caso de utilizar electrodos rútilicos <sup>1</sup>.

Otro problema son los gases derivados de la fusión de los metales (sublimados) que ingresan al sistema respiratorio del operador, aún con la utilización dispositivos de seguridad personal.



*Figura 1: La figura 1 muestra un diagrama en el que se representa el proceso de sublimación y de sublimación inversa. Otro problema son las radiaciones ionizantes: son aquellas radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.*



*Figura 2: La Figura 2, muestra un gráfico representativo de la permeabilidad a la radiación permitida por distintos materiales.*

Con respecto a la existencia de robots específicos para soldar en la industria y otros equipamientos, los mismos ya existen, en algunos casos con bastante independencia del ser humano.

Existen los equipos autónomos operados en forma remota wi-fi, con los que desarrollan su tarea, con tal eficiencia, que la misma es certificada por los estándares de calidad para la industria naval. Uno de los problemas que se quiere resolver es salvaguardar al trabajador del riesgo por emisión de radiaciones, gases y polvos derivados de la fusión de los metales y otros compuestos participantes en el proceso de soldadura, capacitarlo en el uso de nuevas tecnologías sin desplazarlo de su puesto de trabajo. Uno de los principales agentes de riesgo en el proceso de soldadura es la presencia de metales en estado gaseoso debido a la temperatura y del riesgo del ingreso de los mismos al sistema respiratorio del ser humano. La utilidad que se espera de la solución Es múltiple: Protección, ante todo: del operador a los efectos de aislarlo de la fuente de emisiones radiantes y tóxicas. Profesionalización: del operador, a través de la capacitación y de la utilización de una herramienta de ayuda (asistencia) con múltiples aplicaciones y adaptable a distintas situaciones dentro de las limitaciones propias del equipo para este caso al tratarse de un prototipo estacionario.

Conservación del puesto de trabajo el operador, entendiendo que la utilización del dispositivo robótico no reemplaza al operador, sino que solo se encarga de desarrollar la operación que constituye el riesgo para el ser humano. El operador pasaría solamente a ocuparse de las siguientes tareas: Preparación del trabajo (carga de materiales) a soldar y sujeción de los mismos, carga de materiales de aporte y posicionamiento inicial, de la torcha de soldadura operación del sistema de control desde el pc, con el consiguiente proceso de desmontaje de las piezas soldadas y por último

1 El rutilo es un mineral del grupo IV (de acuerdo a la clasificación de Strunz) cuya composición química es óxido de titanio (IV) (TiO2). Descrito por vez primera por Abraham Gottlob Werner en 1803, su nombre procede del latín rutilos, «rojo», en referencia al color rojo intenso de algunas muestras.

limpieza y control de calidad del trabajo. Las aplicaciones prácticas del presente trabajo será en ámbitos de la industria de la producción metalúrgica, de distinta naturaleza como ser: la industria naval, minera, construcciones metálicas en general, donde existen procesos de soldadura de baja complejidad. O sea que estaríamos refiriéndonos a los casos en que aparecen movimientos simples del brazo de un operador (se trataría de movimientos lineales y recorridos cortos de 100 a 150 milímetros), para el caso del prototipo presentado. El presente proyecto busca adicionalmente, demostrar que se puede construir un prototipo de robot para asistir el trabajo de soldadura, a partir de rezagos de ( lotes de material de computación en desuso), se puede construir un equipo que ayuda al trabajador, y que dicho equipamiento es fundamental, por ejemplo en la industria naval considerada uno de los motores de la economía de los países desarrollados, en el que dicho equipamiento existe (a un precio muy elevados en los contextos en que nos encontramos), y demostrar que con esfuerzo en dos cuatrimestres a partir de mínimos recursos iniciamos el camino, dejando las posibilidades para la expansión y el desarrollo futuro de las nuevas generaciones de estudiantes.

El presente trabajo también se basa en open source buscando la independencia de todo tipo de licencias, o sea la utilización de software libre, lo que provee una ventaja comparativa en lo que hace a costos de producción.

### 3. Etapas de desarrollo del Proyecto

**Primera Etapa:** El proyecto comienza con la propuesta de la Universidad lo que nos llevó, a la definición de los objetivos límites y alcances del Proyecto, de esa forma se pudo establecer los objetivos generales específicos y un esquema de requerimientos internos y externos, factibilidad, impacto y riesgos.

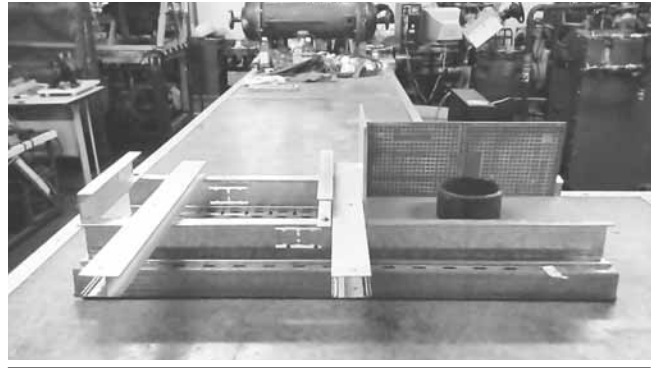
En simultáneo a dichas actividades, se organizó toda la gestión administrativa del proyecto documentando desde la organización formal por ser un proyecto de la Universidad pasando por un registro de comunicación interna, inventarios, cronogramas, cómputos de recursos de distinta naturaleza, croquis, planos, circuitos, análisis de componentes eléctricos y electrónicos y de sus compatibilidades, en el proceso de “integración del sistema”, etc.

**Segunda Etapa:** Se continuó con el desarrollo de los estudios de factibilidad: Social, Ambiental, Técnica, Humana, Legal, Económica, Financiera, Cronograma, analizados todos los puntos descriptos se les asignó una probabilidad de ocurrencia, luego efectuamos la valoración de impacto lo que nos permitió determinar la severidad en el desarrollo del proyecto priorizando las mismas y elaborando un plan de contingencia para asegurar la concreción del mismo, (Lo

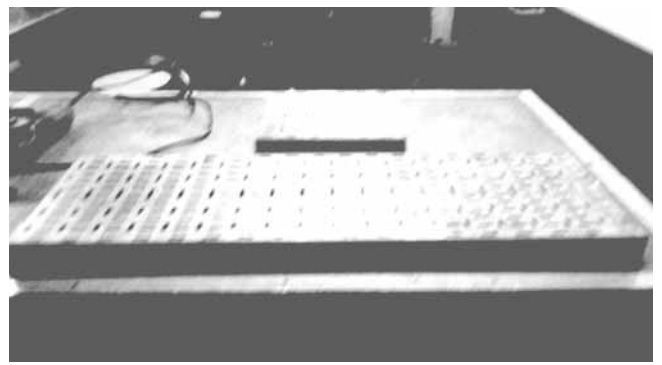
llamamos “Plan de acción ante eventuales problemas”). La definición de objetivos límites alcances requerimientos factibilidad, impacto y riesgos (Mayo de 2018).

**Tercera Etapa:** Se procedió a la recepción de materiales, el inventariado, catalogación, limpieza y reconocimiento.

**Cuarta Etapa:** Análisis de adaptabilidad, compatibilidad y de escasez de recursos.



*Figura 3: En la figura 3 se presentan los materiales, estudiando una de las posibles configuraciones de la máquina, la que finalmente fue adoptada, se puede observar en el sector derecho el espacio de operación, aislado térmicamente y el sector izquierdo dónde finalmente se montaría el brazo con sus dispositivos de control (Junio de 2018).*



*Figura 4: En la figura 4 se puede observar las primeras tareas de corte y montaje del chasis de la máquina (Julio de 2018).*

**Quinta Etapa:** Reconocimiento de la computadora personal en desuso, instalación de disco duro, revisión del estado del mismo, pruebas e instalación del siguiente software.

Sistema operativo distros Cúb Linux.

Instalación de entorno de desarrollo Arduino versión 3.

Instalación de software Planner, para el seguimiento y control del proyecto.

El hecho de la no dependencia de licencias de uso de software lo consideramos de gran importancia al tiempo de evaluar los costos.

**Sexta Etapa:** Inicio del mecanizado y montaje de piezas del prototipo.



*Figura 5: En la figura 5 se muestran los materiales disponibles y el inicio de su mecanizado (Setiembre de 2018).*

**Séptima Etapa:** De acuerdo a los requerimientos ya establecidos se pensó en la elaboración de un arreglo longitudinal, con posibilidades tales, que nos permitiera componer un brazo con desplazamiento lineal, por una distancia compatible con la de desplazamiento de un carro de impresora (de las cuales disponíamos de variados modelos). O sea que en realidad nos estábamos adaptando a los recursos disponibles en dimensión y capacidad.

**Octava Etapa:** Es por ello que la configuración y o forma del prototipo es de desarrollo longitudinal, además para fabricar un chasis Figura 4 auto portante solamente disponíamos de un resto de bandeja porta cable, el cual dimensionalmente disponía de las medidas aproximadas e inclusive alcanzo justo para construir los terminales o punteras, dándonos la posibilidad, que debido a que el chasis es de chapa perforada, nos permite hacer pruebas de posición, buscando un óptimo, para fijar el resto de los soportes y estructura.

**Novena Etapa:** Cada Etapa concluye con la elaboración de croquis y planos adjuntos a la documentación del prototipo y ordenamiento y catalogación de la documentación.



*Figura 6.*

### 3.1. Confección de la documentación.

En muchos casos partimos de métodos empíricos, luego adoptamos y documentamos el resultado aceptado.

**Décima Etapa:** Se estudiaron movimientos, desplazamientos combinados, contrapesos, equilibrio del brazo propiamente dicho.

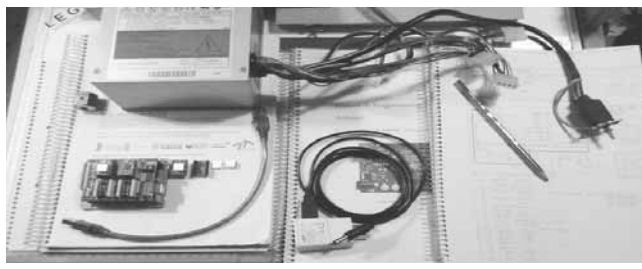
**Décimo primera Etapa:** Estudio de dispositivos motrices y de control de movimientos, definición del tipo de motores, y tipo de controlador, para determinar el posicionamiento del brazo y controlar los movimientos del mismo, se encontraron varias formas efectivas de configurar un arreglo eficaz, siempre limitándonos a los materiales disponibles, lo que se muestra en la Figura 7.



*Figura 7.*

**Décimo Segunda Etapa:** Para el control principal del brazo robótico, se ha dispuesto de una tarjeta Arduino Uno, sobre la que se montó una Shield CNC y sobre esta última dos núcleos controladores A4988. Y como elementos motrices dos motores paso a paso NEMA 17 de 5volt y 19 Newton/cm. Brida1.7”

Obteniendo como fuente de tensión, la de un computadora personal (pc) en desuso salida de 5 volt calibrados lo que se puede ver en la Figura 8.



*Figura 8.*

**Décimo Quinta Etapa:** Con respecto al brazo en si, se buscó componer un arreglo lo más liviano y robusto posible. En cuanto a los elementos disponibles, solo se contaba con un perfil prismático de aluminio, dicho arreglo al cual se le adosaron ruedas tipo carril de acero con rodamientos, dicho arreglo se descarto y se reemplazo por las correderas guiadas para asegurar un mínimo rozamiento dado a que en principio los motores de los que disponemos poseen poco torque evitando así el problema del descarrilamiento del brazo.

#### 4. Trabajos Relacionados

Hemos encontrado trabajos similares con respecto al reciclado de materiales para aplicarlos a robótica para utilización con fines educativos, pero no con aplicaciones específicas en máquinas para soldadura con metales.

#### 5. Trabajos Futuros

Con respecto a las posibilidades futuras: se proyecta incorporar nuevos movimientos combinados.

Ampliando el espectro operacional, otra posibilidad es la de continuar investigando con distintas tecnologías de soldadura como ser MIG/MAG, TIG.

Algunos de estos métodos de soldadura son más efectivos, limpios y confiables que el de la utilización de electrodo revestido. Otra futura línea de investigación es la del robot no estacionario controlado por wi-fi que pudiera operar en espacios estrechos, o en otras condiciones.

Si bien la presente propuesta propone la utilización de software libre existe, otra línea de investigación utilizando software propietario trabajando con el puerto paralelo, programando el lenguaje Visual Basic, desarrollando una plaqueta adquisidora de datos, utilizando por ejemplo un transistor integrado SN74LS244N, a los efectos de disponer de el hardware necesario para el control de movimiento de los motores de accionamiento.

El brazo puede estudiarse dándole mayor robustez para ser utilizado como plotter, máquina de corte tipo pantógrafo, fresadora agregándole movimiento en un tercer eje z, como la impresora 3D, e integrarse a sistemas CAD/CAM, lo cual será el próximo paso, como desafío.

#### 6. Conclusión

El trabajo presentado consiste en la construcción de un equipamiento tipo brazo robótico, construido a partir de materiales de computación y otros reciclados en desuso, con múltiples aplicaciones desde el punto de vista de la enseñanza e integración de las distintas Ingenierías y Licenciaturas, ya sea en el desarrollo del software, en el caso de incorporar nuevos complementos o accesorios al proceso de soldadura, por ejemplo si se utiliza el sistema TIG tendríamos que agregar un alimentador de material de aporte, lo que implica diseñar un mecanismo adicional motorizado con su correspondiente software de control, lo que daría la posibilidad de la integración a la Ingeniería Mecánica en el diseño del dispositivo, a la Ingeniería Electromecánica en el sistema de motorización, a la Ingeniería electrónica replanteando la utilización del controlador y driver utilizados, o diseñar plaquetas específicas para las prestaciones requeridas, racionalizando el costo de los componentes.

También integrar a la Ingeniería Industrial en el estudio de la incorporación de nuevas tecnologías aplicadas a trabajos asistidos por computadoras (CAM).

En el caso de otras ventajas como la de aislar al operador, de los agentes nocivos de la soldadura, es importante integrar a la la licenciatura en Higiene y Seguridad en el trabajo, a los efectos de investigar nuevas instalaciones que de todos modos requieren aislaciones especiales, e integrar a la Licenciatura en Gestión Ambiental investigando el impacto ambiental que producen las nuevas tecnologías.

El movimiento que desarrollará el robot será el necesario para representar la operación de soldadura tipo eléctrica en ámbitos de laboratorios.

El robot dispondrá en el extremo de su brazo operativo, una platina esquemática representativa de las posibilidades para el montaje de un dispositivo tipo tocha.

El sistema operativo instalado en la computadora de control será de software libre de código abierto distros Cúb Linux.

El prototipo se define como modelo tipo maqueta, con la robustez que se requiere, solo para la demostración de sus capacidades de movimiento.

Otras características:

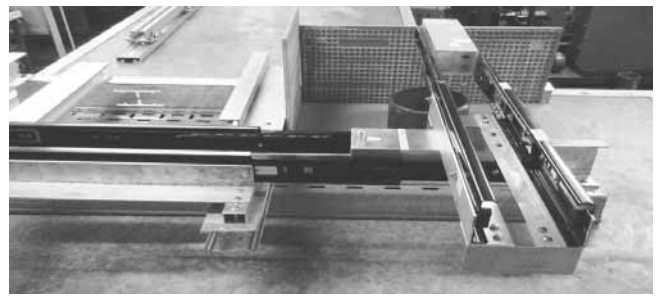
El robot-sistema, no sustituye la supervisión humana en el proceso de configuración y operación.

El robot-sistema requiere la previa configuración por parte de un operador capacitado, para que desarrolle su operación.

Los movimientos y distancias máximas alcanzadas por el brazo robótico se limitan a las dimensiones del mismo, no superando un máximo de desplazamiento lineal de 100 mm.

El modelo tipo maqueta no posee la robustez que requiere la operación real, solo demuestra la secuencia y capacidades de movimiento. El modelo tipo maqueta no posee capacidades de operación en condiciones diferentes a las del laboratorio de la Universidad (UdeMM). Para desarrollar otras prestaciones en ambientes complejos sería en este caso una propuesta futura.

Se comprueba que, debido a la naturaleza de la operación de soldadura, se limita la reutilización de partes plásticas de mecanismos provenientes del reciclado de impresoras.



*Figura 9: La Figura 9 Muestra el resultado y avance del proyecto a la fecha (octubre de 2018).*

## 7. Referencias

- [1] Arduino Notebook: A Beginner's Reference, Written and compiled by Brian Evans. Manual de Programación Arduino. Traducido y adaptado por José Manuel Ruiz Gutiérrez.
- [2] Visual Basic 3.0. Autor: Manuel Achával. Editorial: Métodos S.A., ISBN: 950-9831-86-7.
- [3] Soldadura Aplicaciones y Práctica. Autor: Henry Horwitz, P.E. Editorial: Alfaomega, ISBN: 968-6062-73-4.
- [4] Cómo Elaborar y asesorar una investigación de Tesis. Primera Edición. Autor: Carlos Muñoz Razo. Editorial: Prentice Hall, ISBN: 970-17-0139-9.
- [5] Proyectos de Máquinas Tomo 1. Autor: Pablo Tedeschi. Editorial: Editorial Universitaria de Buenos Aires., Segunda Edición.
- [6] Proyectos de Máquinas Tomo 2. Autor: Pablo Tedeschi. Editorial: Editorial Universitaria de Buenos Aires, Segunda Edición.
- [7] Autocad V.14 Manual de actualización. Autor: José A. Tajadura, Javier López. Editorial: Mc Graw Hill, ISBN: 84-481-1286-5.

## 8. Segunda etapa del proyecto y propuesta para la continuidad del proyecto:

Para el año 2019 se proyecta continuar el desarrollo de la continuidad del proyecto incorporando mejoras en lo que respecta a la precisión de la operación, reemplazando los dispositivos de control de fin de carrera.

Utilizados originalmente por sensores de tipo ultrasónico lo que implica al replanteo del diseño en los distintos aspectos componentes, software, etc. cumpliendo con los aspectos expuestos en la conclusión del proyecto original.

Algunos aspectos de la nueva propuesta para el 2019 son los siguientes:

Mejorar la precisión en la operatoria de un brazo robótico soldador, utilizando sensores del tipo ultrasónico de bajo costo.

## 9. Producto o proceso a generar:

Desarrollo de software de operación del prototipo de Brazo Robótico Soldador, utilizando sensores tipo: ultrasónico HC-SR04, reemplazando los clásicos interruptores fin de carrera. Evaluación y análisis del impacto sobre la precisión en la operación del brazo, con el consiguiente desarrollo de los ensayos de movimientos, elaborando las métricas de comparación. Evaluación de comportamiento del sistema,

en ambientes afectados con distintos grados y tipos de polución.

**Resumen:** *Partiendo de la base de la disposición de un prototipo de laboratorio, del tipo: "Brazo Robótico" aplicable al proceso de soldadura, cuyo control se determina mediante la utilización de interruptores fin de carrera, el presente Proyecto propone investigar la posibilidad de reemplazar dichos interruptores por sensores tipo ultrasónico HC-SR04 y el desarrollo correspondiente al software de control, llevar a cabo los ensayos de movimientos, determinando el aumento de precisión en la operación de soldadura, con capacidades de operativas en ambientes con distinto grado y tipos de polución.*

*La investigación trata sobre una mejora tecnológica que permite principalmente demostrar que el equipamiento puede operar en ambientes con presencia de partículas en suspensión y de materiales provenientes del propio proceso de soldadura o ajenos al mismo. Por otra parte la utilización de los sensores del tipo ultrasónico permitiría obtener un mayor control de la precisión de los movimientos, independizándose del efecto producido por la suma de los efectos dinámicos y eléctricos que significa la utilización de los contactos fin de carrera, buscando establecer la incertidumbre del sistema.*

*Es importante para la investigación disponer del hardware necesario para el desarrollo de la siguiente propuesta y que los dispositivos a reemplazar resultan de bajo costo.*

## 10. Objetivos y actividades del proyecto

- Desarrollo del anteproyecto.
- Planificación de las tareas y desarrollo del cronograma.
- Establecer una rutina preestablecida de movimientos para la experimentación.
- Construir un prototipo con los sensores ultrasónicos modelo: HC-SR04.
- Agregar los componentes electromecánicos para ampliar el grado de movimientos a un tercer eje (z).
- Adecuación de las conexiones, para el cambio en el hardware.
- Desarrollar el software de control especializado para el requerimiento del presente proyecto.
- Evaluar la seguridad en la utilización u operación del equipamiento.
- Efectuar el ensayo preestablecido y comparar los resultados.
- Documentación de todas las etapas descritas anteriormente, elaborando Especificaciones, Catálogos y Planos.
- Elaboración del Informe final y Conclusiones.

## 11. Cronograma

### Año 2019

#### **Desarrollo del Anteproyecto, Planificación.**

Establecer una rutina preestablecida de movimientos para la experimentación. Elaboración de la documentación técnica, diagramas, planos y especificaciones técnicas.

### Año 2020

Construir un Modelo Físico mejorado, con los cambios propuestos en el punto "Objetivos y actividades del Proyecto" Construcción de los sistemas de: alimentación de energía, drivers, cableados, adecuación de las conexiones al cambio de hardware.

### Año 2021

Desarrollar el software de control especializado. Evaluar la seguridad en la utilización u operación del equipamiento.

### Año 2022

Efectuar los ensayos preestablecidos, documentarlos y comparación de los resultados. Elaboración de informe final y conclusiones.

#### **11.1. Novedad u originalidad local en el conocimiento:**

Si bien el equipamiento robótico de soldadura es un equipamiento existente en el mercado, el sensor HC-SR04 es un módulo que incorpora dos transductores de ultrasonido los que se utilizan de manera conjunta para la determinación de la distancia entre el sensor y un objeto colocado frente al mismo.

Quizá la característica más destacada del sensor HC-SR04 es que es de muy bajo costo y permite obtener resultados de una precisión compatible con el fin para el que se pretende utilizar y es de simple utilización y montaje.

El mismo se compone de un dispositivo emisor o altavoz y otro micrófono, (ambos funcionan como Transductores), dicho sensor también denominado PIR (Passive Infrared Sensor), puede sentir y transmitir la distancia al objeto. El emisor envía una señal de 40KHz (pulso de alta frecuencia o Ultrasonido) onda original llamada trigger, lo que nos permite medir el tiempo entre pulsos, conociendo la velocidad del sonido, por lo que podemos estimar la distancia al objeto sobre el cual rebota dicha señal, el rango de medición que nos provee va de 2cm a 400cm, con una resolución de 0,3cm, (tolerancia aceptable y compatible con el uso que se le pretende dar el arreglo propuesto sería instalar el sensor sobre el brazo estático o base, la que se propaga hasta rebotar en el objeto que tiene por delante, que sería una placa metálica adecuada.

Una de las ventajas que provee el funcionamiento este tipo de sensores es que no se ve afectado por la luz solar, y con respecto al impacto que afecta a la sensibilidad del equipo, sabemos que la velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20°C) es de 343 m/s (por cada grado centígrado que aumenta la temperatura y la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s, lo que en principio no resultaría significativo para nuestro equipamiento).

La originalidad del presente trabajo consiste en la determinación de la

propagación de error respecto del control de movimientos, comparado con el arreglo de contactos fin de carrera, así como también agregar movimiento en una dimensión adicional (según el eje zeta), a los efectos de completar la cantidad de movimientos necesarios compatibles con los requerimientos del proceso de soldadura.

#### **11.2. Grado de relevancia**

La investigación presenta un alto grado de transversalidad por los diferentes componentes involucrados; mecánicos, eléctricos, electrónicos y de componentes de software, utilizando tecnologías de bajo costo.

#### **11.3. Grado de pertinencia**

La temática del proyecto se vincula con las carreras de Ingeniería en Sistemas, Mecánica, Electromecánica e Industrial de la Facultad de Ingeniería de UdeMM. Los resultados se aplican a las clases de formación práctica de las materias Introducción en Ingeniería, Teoría de Control y otras, las cuales son transversales a las carreras descritas.

## 12. Conclusión

En función a los distintos aspectos expuestos proponemos: que dadas las múltiples posibilidades que ofrece esta investigación e invitando a participar a los alumnos interesados para que realicen la experiencia de trabajar en equipos multidisciplinarios, forjando el "Saber Hacer", completando las mejoras y pasando por las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto, se puede inferir que va a tener buena aceptación en el ámbito académico.